FUNDAMENTOS DE TRIBOLOGÍA

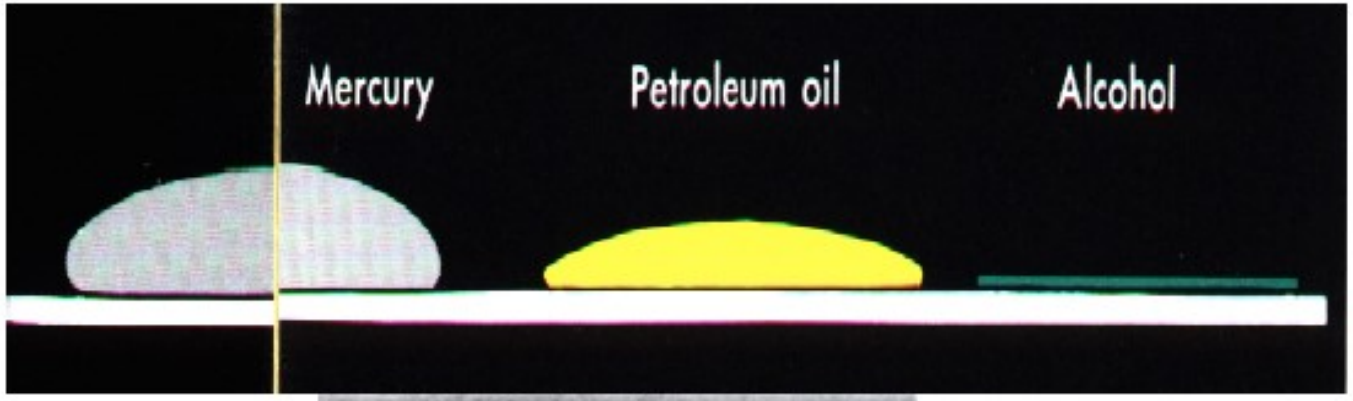
GRASAS

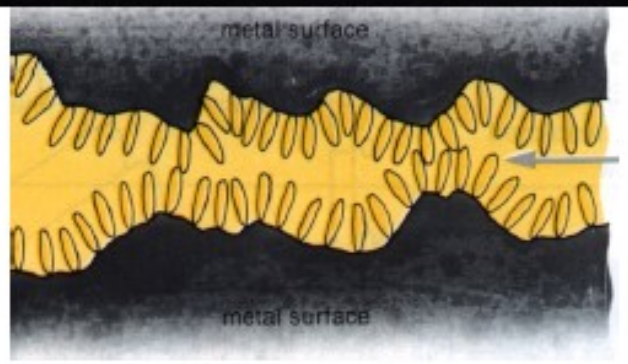
GABRIEL BARRIENTOS - 2026

DEPARTAMENTO INGENIERIA MECANICA - UNIVERSIDAD DE CONCEPCION

Características de los Lubricantes

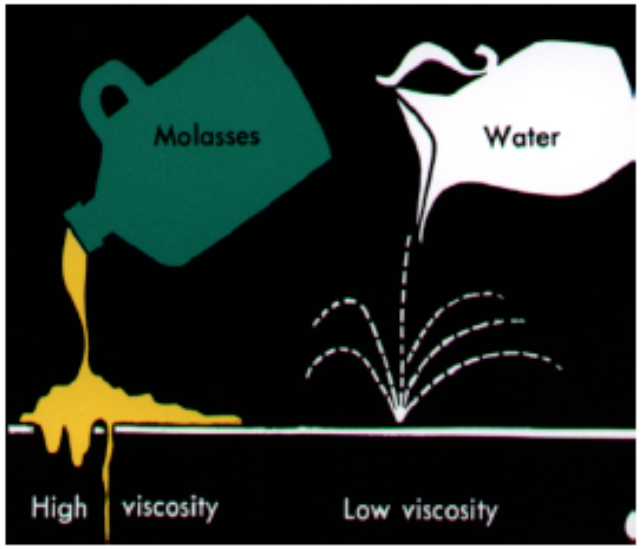
Lubricidad y Viscosidad





Mercurio – Carece de las propiedades adherentes y de humedecimiento del metal
Alcohol – Humedece bien el metal pero es muy delgado
Agua – Muy delgada, corrosión, ebullición y agarrotamiento, …
Aceite – Se mantiene alto en su habilidad de humedecimiento de metales y grosor de la capa, es decir, en **Lubricidad y en Viscosidad**

Viscosidad - La propiedad más fundamental para describir el Material Base



Viscosidad - Resistencia al flujo
- Grosor de la película de aceite
- Aceite clasificado según su viscosidad
- Varía con la temperatura

Viscosidad Absoluta (Dinámica): Resistencia al flujo con respecto al esfuerzo cortante – centipoise (cPs)

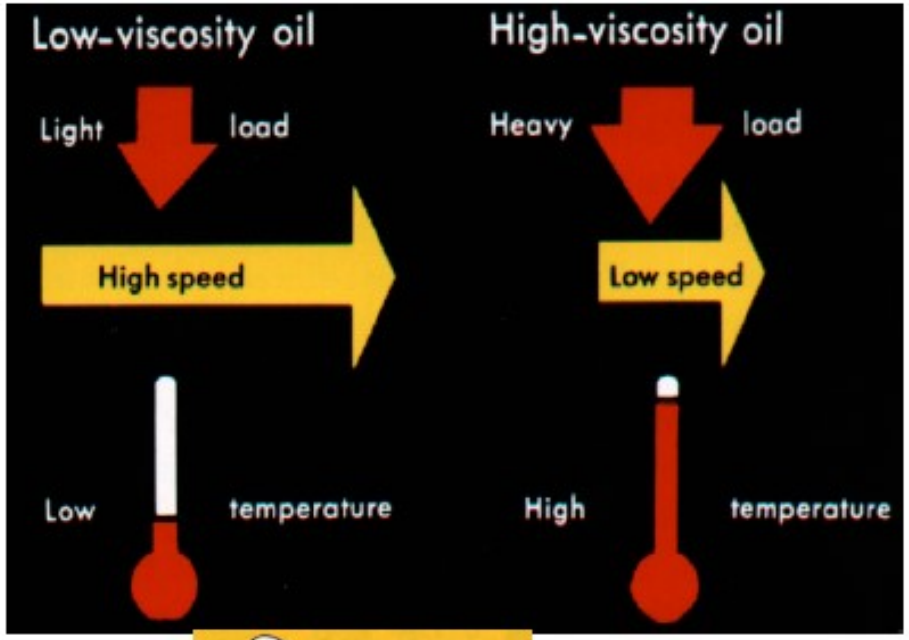
Viscosidad Cinemática: Resistencia al flujo con respecto al esfuerzo cortante y a la gravedad específica – centistokes (cSt)

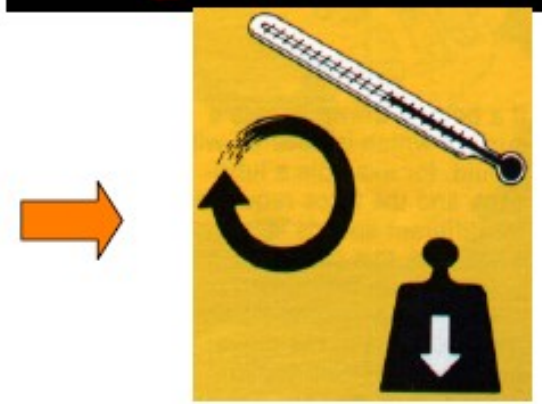
Viscosidad Cinemática = Viscosidad Absoluta / Gravedad Específica

La viscosidad absoluta del agua es 1cPs
La viscosidad cinemática del agua es 1cSt

Balance de Selección de Viscosidad

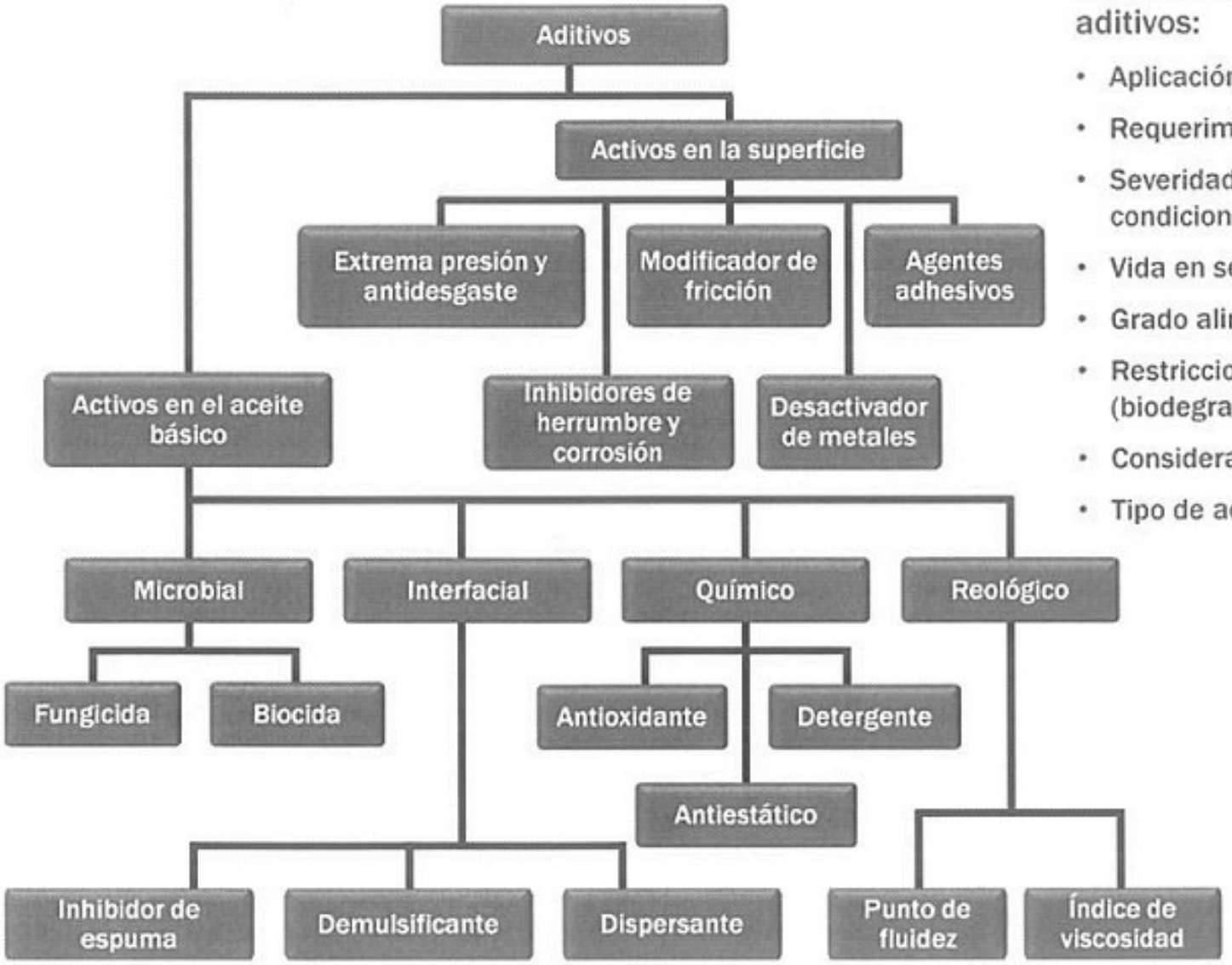
Una cifra numérica para la viscosidad no tiene mayor sentido, a menos que esté acompañada de la temperatura a la que se aplica





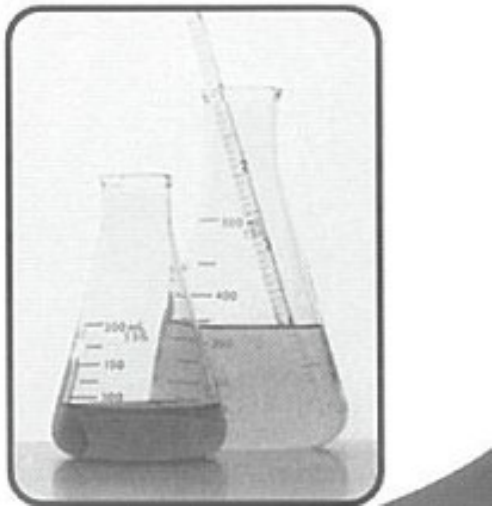
Tres factores importantes

1. Temperatura
2. Velocidad
3. Carga



Consideraciones en la selección de aditivos:

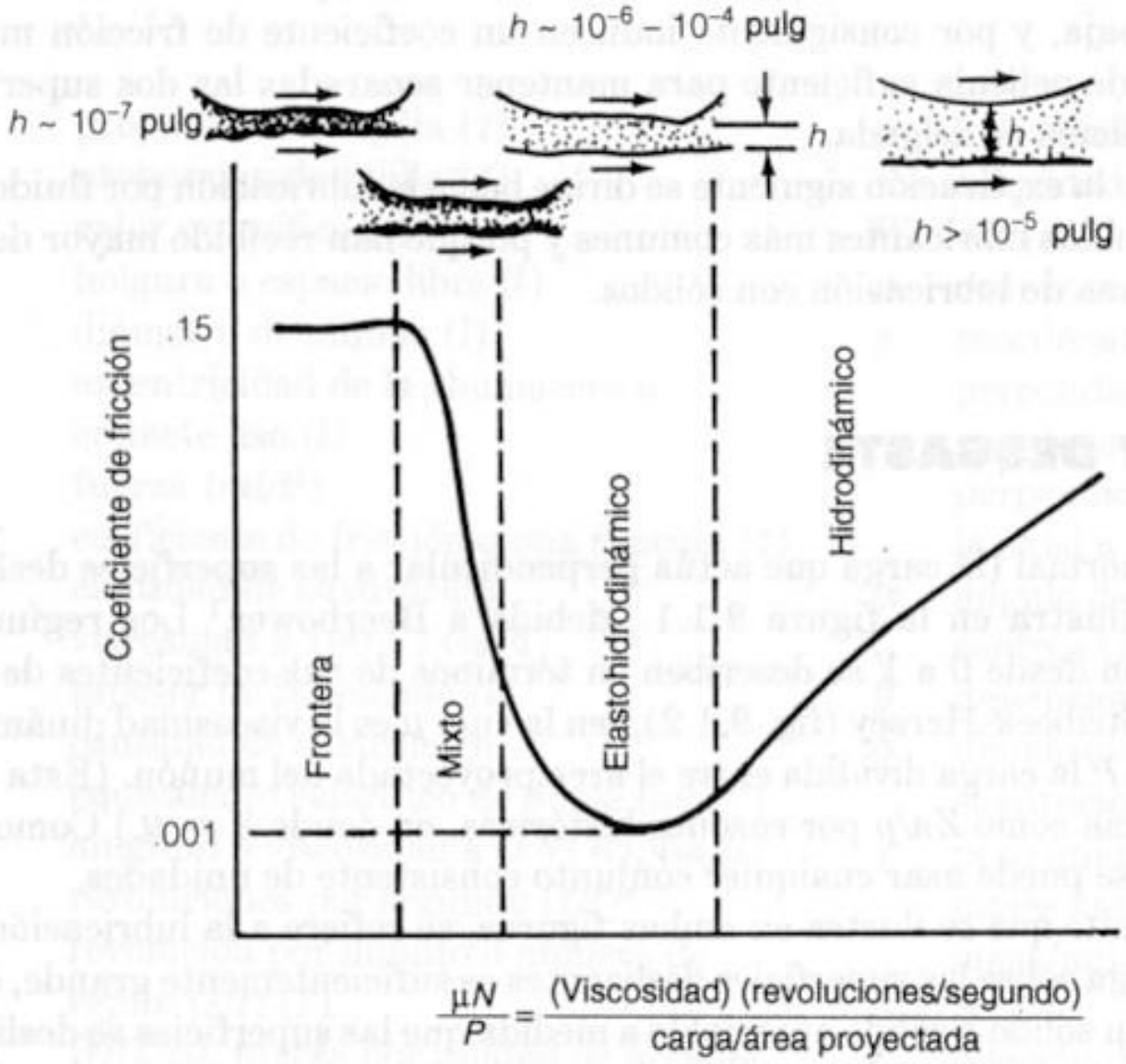
- Aplicación de la maquinaria
- Requerimientos de desempeño
- Severidad en la aplicación, contaminación, condiciones extremas
- Vida en servicio o deseada del lubricante
- Grado alimenticio
- Restricciones ambientales (biodegradabilidad, etc.)
- Consideraciones de costo
- Tipo de aceite básico



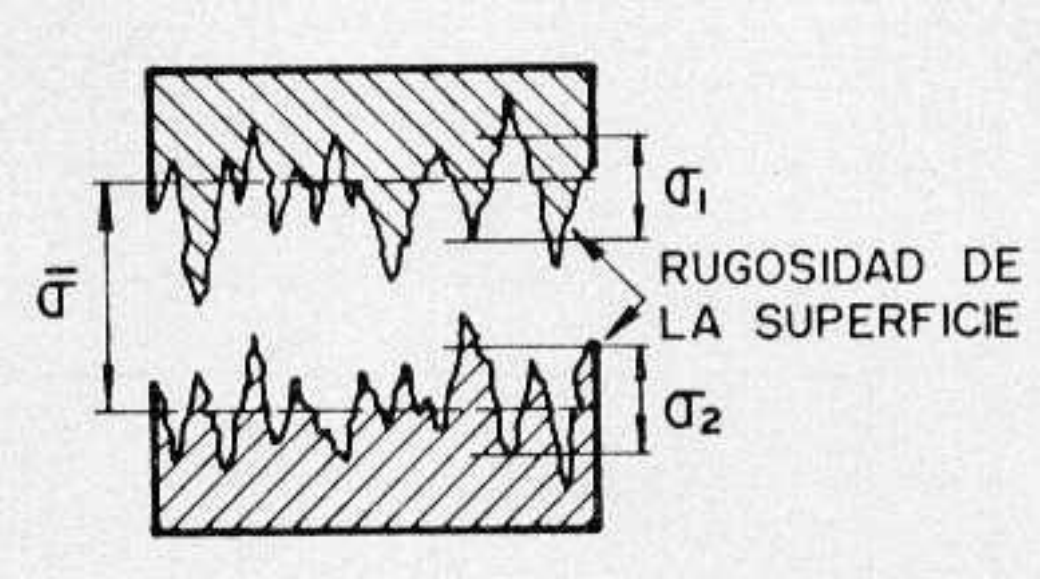
PROPIEDAD	Aceite mineral típico	Polialfao-lefina	Aromá-ticos alquila-tados	Esteres de ácidos dibásicos	Poliés-teres	Polialki-lene glicol	Esteres de ácido fosfórico	Sili conas	Esteres de silicato	Fluoro-carbo-nos	Esteres de poli-fenil
Características Viscosidad-temperatura	M	B	M	E	MB	B	P	E	E	M	P
Desempeño a bajas temperaturas	P	B	B	B	B	B	M	B	B	B	P
Estabilidad a la oxidación (con inhibidor)	M	MB	M	MB	M	P	B	MB	MB	E	MB
Compatibilidad con aceites minerales	–	E	E	B	M	P	M	P	M	P	B
Volatilidad	M	B	B	E	E	B	B	B	B	M	B
Compatibilidad con pinturas y barnices	E	E	E	B	M	M	P	B	M	B	M
Estabilidad a la hidrólisis.	E	E	E	M	M	B	M	B	P	MB	E
Características antiherrumbre (con inhibidor)	E	E	E	M	M	B	M	B	–	–	–
Solubilidad con aditivos	E	B	E	MB	MB	M	B	P	–	–	–
Tendencia a ablandar el BUNA N	L	N	L	M	F	L	F	L	L	M	L
Propiedades lubricantes	B	B	B	MB	MB	B	E	M	M	E	E
Estabilidad térmica	M	M	M	B	B	B	M	MB	B	MB	E
Resistencia al fuego	P	P	P	M	M	M	E	M	M	E	M
Costo	bajo	medio	medio	medio	medio	medio	medio	alto	alto	muy alto	muy alto

Observación. P: Pobre L: Ligera M: Moderada B: Buena MB: Muy Buena E: Excelente N: Ninguna F: Fuerte

1.2. Tipos de lubricación



RUGOSIDAD DE LAS SUPERFICIES

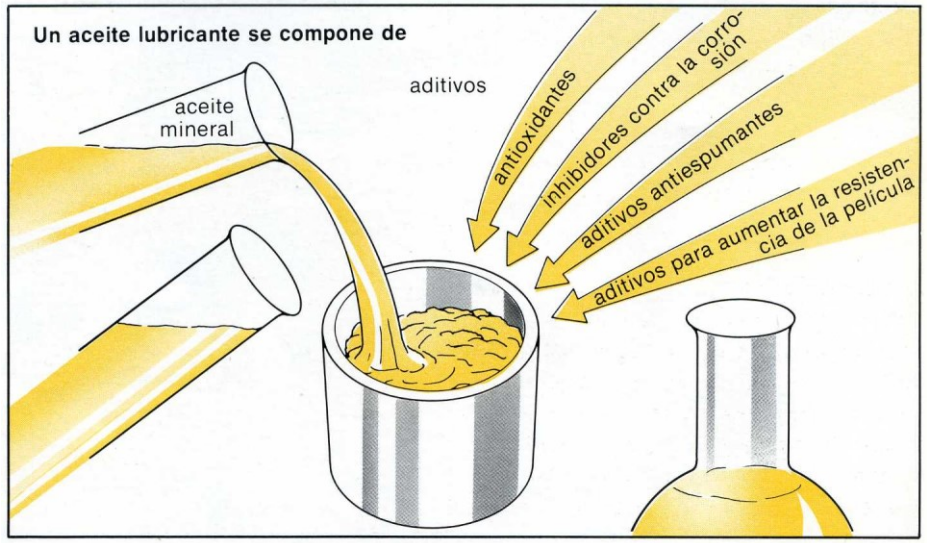


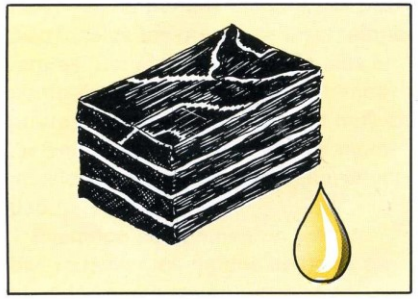
$$\text{Espesor específico de película } (\lambda) = \frac{\text{Espesor promedio de película}}{\text{Rugosidad compuesta de la superficie}}$$

	Rugosidad en dientes de engranes	
	Inicial	Asentado
Maquinado	1.78μm	1.02μm
Afilado	1.27μm	1.02μm
Rectificado, fino	0.89μm	-
Rectificado, grueso	0.51μm	-
Pulido	0.18μm	-

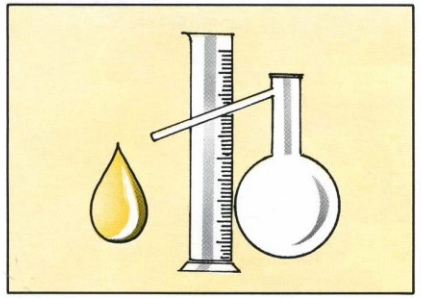
Rugosidad de rodamientos	
Bolas	0.178μm
Esférico o cilíndrico	0.356μm
Cónico o agujas	0.229μm

Lubricación	Espesor específico de película λ
Límite (golpeteo)	<1
Mixta (desgaste adhesivo y abrasión de dos cuerpos)	1-3
Hidrodinámica/EHD	>3

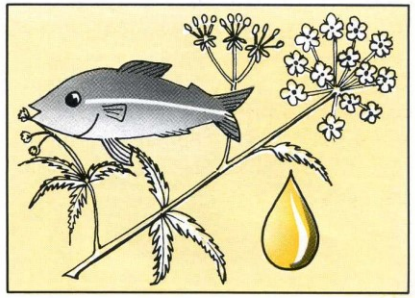




Aceites minerales
En la mayoría de los casos, los aceites más adecuados como lubricantes para rodamientos son los aceites minerales puros, refinados (neutros), y de buena calidad. Los aceites minerales puros no tienen compuestos inestables, que podrían tener un efecto significativo sobre su duración; por ejemplo, nitrógeno, oxígeno, y compuestos de azufre y ácidos.



Aceites sintéticos
Los aceites sintéticos sólo son importantes para la lubricación de rodamientos en casos especiales. Se usan principalmente a temperaturas por encima de 90 °C. En la siguiente página se describen los más importantes.



Aceites de origen animal o vegetal
Los aceites de origen animal o vegetal no se deberían usar normalmente para la lubricación de rodamientos, ya que existe un riesgo de empeoramiento de la calidad o formación de ácidos después de un corto periodo. Los llamados aceites compuestos (aceites minerales con un máximo del 10 % de aceite animal o vegetal), pueden ser adecuados en casos especiales, aunque hay que seguir las recomendaciones de los fabricantes.

GRASAS

¿Cuando Usar Grasa?

- Cuando por diseño no es possible contener el aceite
- Cuando se require que el lubricante no contamine el proceso
- Condiciones de arranque y paro frecuentes
- Servicio interminente
- Condiciones de alta contaminación
- Operación a bajas velocidades

GR

Figura 3.10: Izquierda: Grasa nueva. Derecha: grasa contaminada con agua (apariencia lechosa)

La fabricación de la grasa consta de los siguientes procesos:

1. Saponificación: preparación del jabón.
   - En autoclave o saponificador
   - Presi6n de 2 a 6 bares
   - Temperatura entre 80° y 250°C (según el tipo de jabón).
2. Cocción:
   - Calentamiento progresivo y controlado
   - Se anade aceite, segun la clase de grasa
   - Extracci6n de vapores
   - Ajuste de alcalinidad
3. Enfriamiento:
   - Se adiciona aceite hasta lograr la penetraci6n deseada
   - Agitación mecánica lenta
   - Adición de colorantes y aditivos
4. Desaireación y alisado:
   - Homogenización y vacío
   - Molino coloidal
   - Laminación

Las propiedades de los espesadores dependen de las bases metalicas (jabones) utilizadas. Las bases metálicas son las que dan las características físicas que se quieren lograr en la grasa.

4.3.3. Tipos de grasa

Las grasas más utilizadas en la lubricación de rodamientos son las de jabón de sodio, de calcio y de litio.

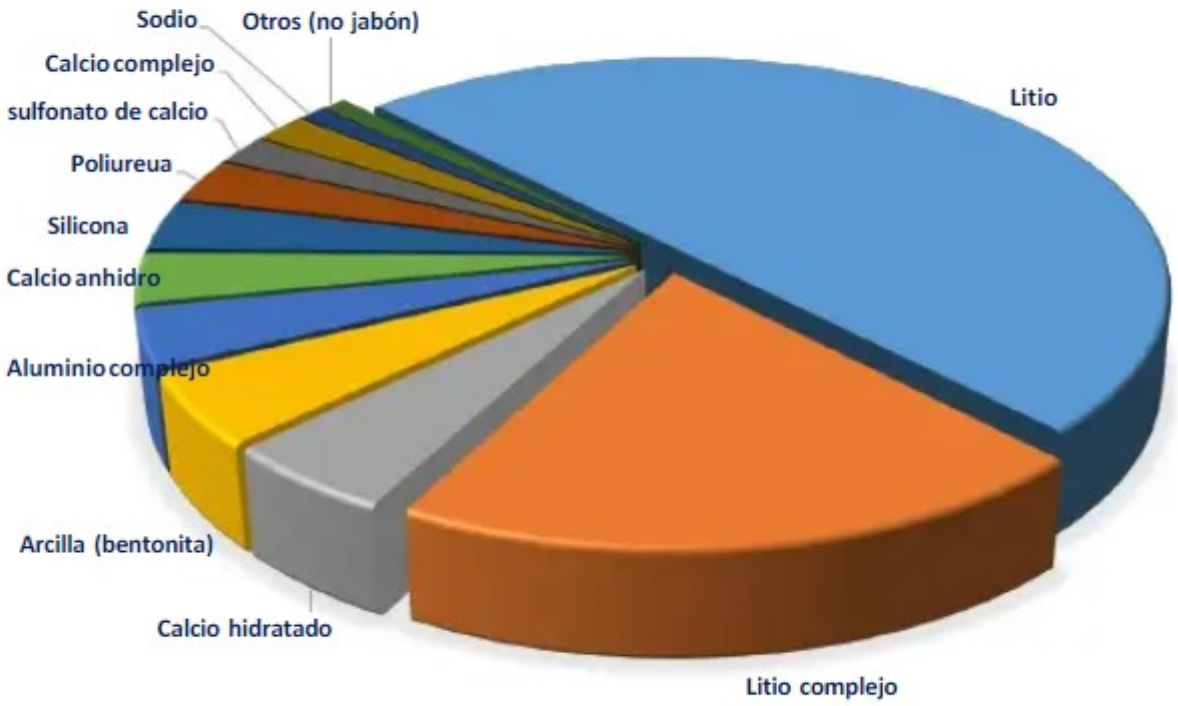
- Sodio. Son solubles en agua, favorecen las superficies metálicas de la corrosión, apropiadas para rodamientos que giran a altas velocidades, debido a su elevada al batido. Se recomiendan igualmente para altas temperaturas de funcionamiento.

- Calcio. No son solubles en agua, a temperaturas cercanas a las del punto de ebullición del agua se separan. No se deben emplear para elevadas velocidades de funcionamiento.

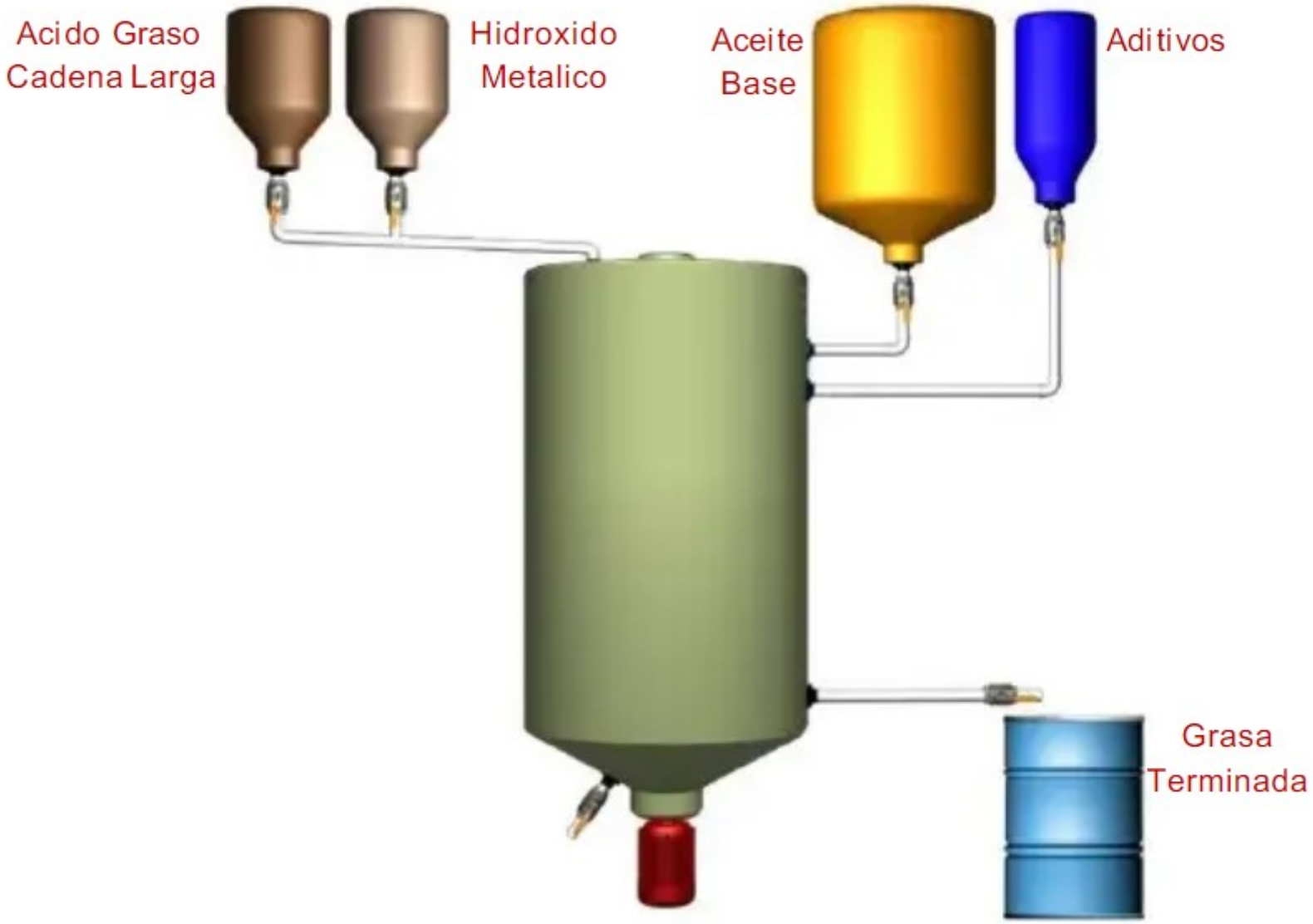
- Litio. Se utilizan ampliamente y reciben el nombre de multipropósito o de uso múltiple, debido a que presentan buena resistencia a las altas temperaturas y a una adecuada protección contra la humedad y el agua, reemplazan las de calcio y las de sodio.

Tipos de Grasas

Litio	50%
Litio complejo	20%
Calcio hidratado	5%
Arcilla (bentonita)	4%
Aluminio complejo	4%
Calcio anhidro	3.5%
Silicona	3.5%
Poliurea	3%
Sulfonato de calcio	2%
Calcio complejo	2%
Sodio	1%
Otros (no jabón)	1%



Proceso de fabricación de Grasa Simple



Selección de la Viscosidad Correcta

15 22 32 46 68 100 150 220 320 460 680

Viscosidad Grados ISO VG

El Grado de Consistencia NO Varia

La Cantidad de Espesante y Aditivos NO Varia

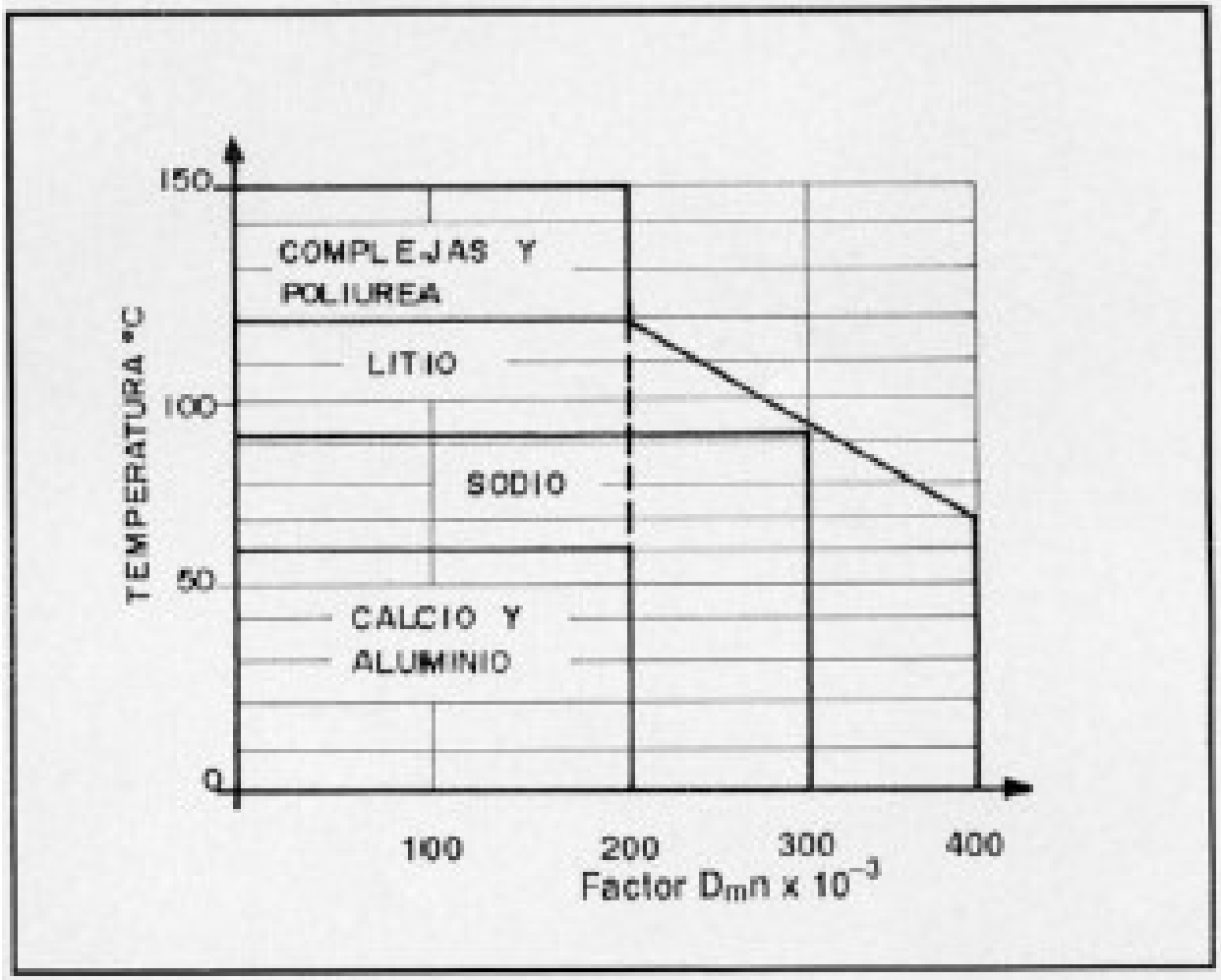


Figura 3.7: Determinación de factor de giro D_{mn} en función de temperatura de operación

3.4.3. Aceite base

El aceite utilizado en la fabricación de la grasa se selecciona con las características similares del que se emplearía si el mecanismo fuese lubricado con éste y no con grasa. Basicamente se utilizan los aceites de tipo parafínico y nafténico. Los nafténicos se emplean ampliamente para grasas que trabajan a bajas temperaturas, por su fluidez y habilidad para combinarse con el jabón.

La viscosidad del aceite base oscila entre 65 y 175 cSt, a 40°C (entre 300 y 800 SSU, a 100°F). Los de viscosidad baja se utilizan en grasas para temperaturas bajas y velocidades altas, mientras que los de viscosidad alta para condiciones de velocidades bajas, cargas altas y de impacto.

38: Miscibilidad de grasas lubricantes

Espesante de la grasa de primer engrase	Espesante de la grasa de reengrase: Jabón de Li	Complejo de Li	Jabón de Na	Complejo de Na	Complejo de Ca	Complejo de Ba	Complejo de Al	Bentonita/ Hectorita	Poliurea
Jabón de Li	+	+	-	o	o	o	-	-	+
Complejo de Li	-	+	-	o	o	o	o	-	o
Jabón de Na	-	-	+	+	o	o	-	-	+
Complejo de Na	-	o	-	+	o	o	o	-	o
Complejo de Ca	-	o	-	o	+	+	o	-	o
Complejo de Ba	-	o	-	o	+	+	o	-	o
Complejo de Al	-	o	-	o	o	o	+	-	o
Bentonita/ Hectorita	-	o	-	o	o	o	-	+	o
Poliurea	-	o	-	o	o	o	-	-	+

+ Generalmente compatible
o Frecuentemente compatible, examínese el caso concreto
- Generalmente no compatible

Espesante	Resistencia contra Agua	Resistencia contra alta Temperatura	Punto de Goteo ºC	Velocidad
Calcio	**Excelente**	**Muy Pobre**	**80 a 100**	**Pobre**
Sodio	**Pobre**	**Marginal**	**170 a 200**	**Pobre**
Litio	**Bueno**	**Bueno**	**175 a 205**	**Bueno**
Complejo de Litio, Calcio, o Aluminio	**Excelente**	**Excelente**	**>260**	**Bueno**
Arcilla	**Excelente**	**Sobresaliente**	**No Gotea**	**Bueno**
Poliurea	**Excelente**	**Excelente**	**>250**	**Sobresaliente**

Comparación entre los espesantes más usados para la fabricación de grasas.

37: Miscibilidad de aceites

Aceites básicos	Aceite mineral	Aceite de éster	Aceite poliglicol	Aceite de silicona (metil)	Aceite de silicona (fenilo)	Aceite de éter polifenílico	Aceite de alcoxiflúor
Aceite mineral	+	+	-	-	+	+	-
Aceite de éster	+	+	+	-	+	+	-
Aceite poliglicol	-	+	+	-	-	-	-
Aceite de silicona (metil)	-	-	-	+	+	-	-
Aceite de silicona (fenilo)	+	+	-	+	+	+	-
Aceite de éter polifenílico	+	+	-	-	+	+	-
Aceite de alcoxiflúor	-	-	-	-	-	-	+

+ Mezcla admisible
- Mezcla no admisible

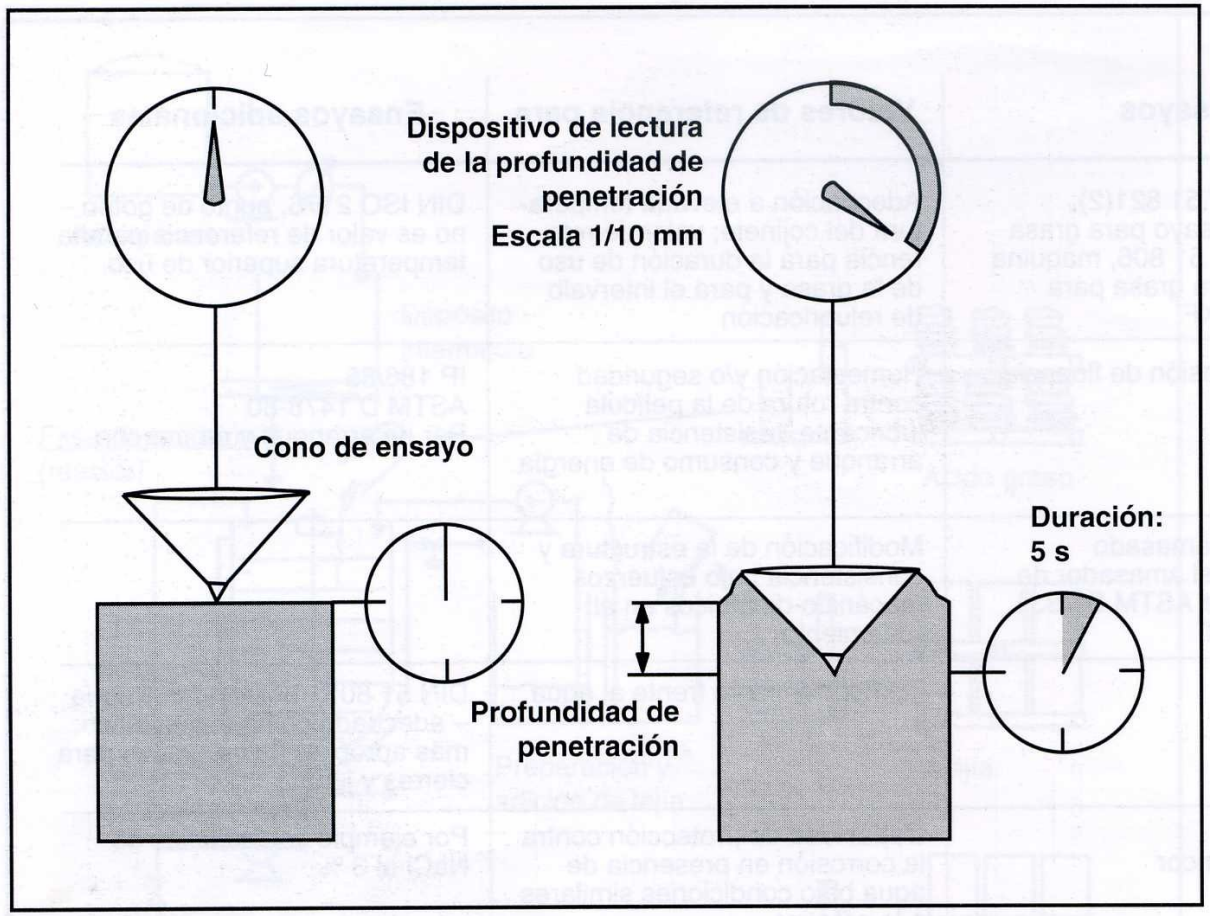
3.4.4. Consistencia de las grasas

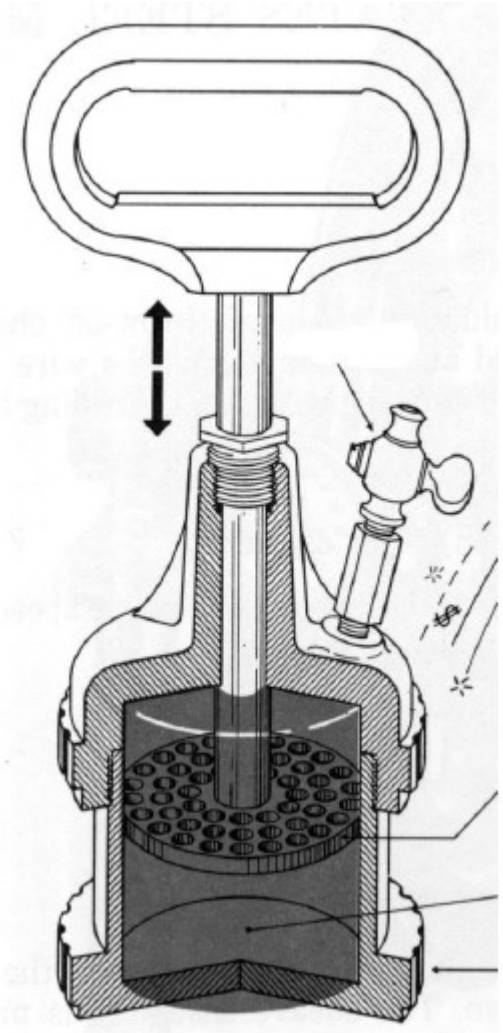
Depende de la viscosidad del aceite y del contenido del espesador que posea, el cual puede fluctuar entre un 5 y 30 %, o más, dependiendo del tipo de grasa. Dos grasas con igual consistencia o dureza, no tienen necesariamente igual desempeño. La consistencia es un factor importante de la grasa porque ella determina su capacidad de lubricación y sellamiento, de permanencia en su sitio, de bombeabilidad, y capacidad de soportar temperatura.

Se determina según el método ASTM D217, conocido como cono de penetración de las grasas lubricantes y establecido por el NLGI (Instituto Nacional de Grasas Lubricantes). Este método permite hallar la consistencia de una grasa en términos de penetración, sin agitación (durante el almacenamiento). Las grasas fluidas y semifluidas, con una penetración ASTM por encima de 475, no se prueban con el penetrómetro.

Formulación de la Grasa

Aceite Base	65 – 98%
Aditivos	0 – 10%
Espesante	2 – 25%


Dispositivo de lectura
de la profundidad de
penetración
Escala 1/10 mm
Cono de ensayo
Duración:
5 s
Profundidad de
penetración



Penetración tras amasado prolongado

Es la penetración de una muestra de grasa que ha sido amasada con más de 60 golpes dobles (hasta 100 000 golpes dobles). La penetración se mide a 25°C.

Penetración

Penetración no trabajada

Es la penetración de una muestra de grasa lubricante a 25 °C que al transvasarla desde el envase de suministro al depósito de la amasadora,y después de un tiempo de reposo definido, ha sufrido tan sólo un esfuerzo mecánico mínimo.

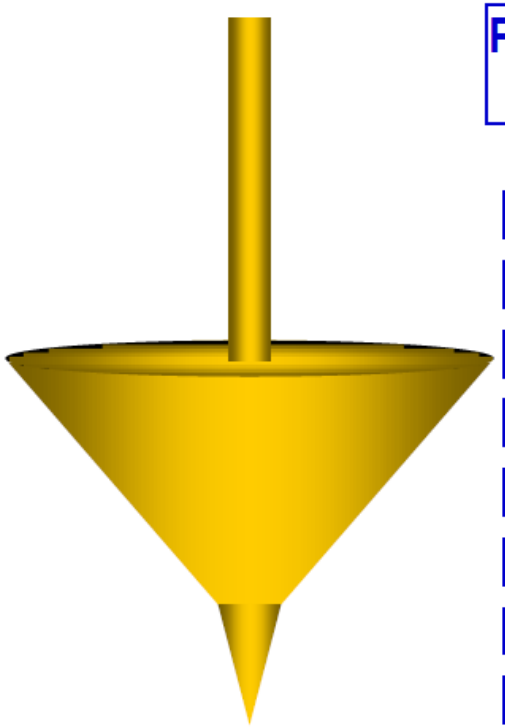
Penetración trabajada

Es la penetración de una muestra de grasa lubricante tras su tratamiento mecánico en una amasadora estándar (60 golpes dobles; se mide a una temperatura de 25 °C).

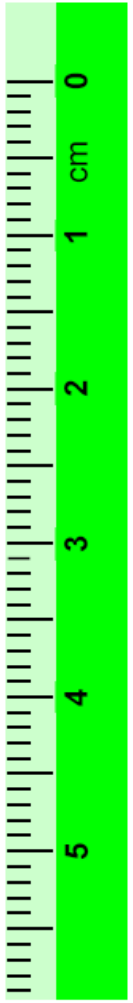
Clasificación de la consistencia de las grasas

NLGI - norma internacional para la clasificación de grasas

- Alto numero NLGI →
  - Cuanto más baja es la penetración, más dura la grasa.
- Bajo numero de la NLGI →
  - Cuanto más alta la penetración, más blanda es la grasa



Penetration, mm/10	Grado NLGI
85 - 115	6
130 - 160	5
185 - 205	4
220 - 250	3
265 - 295	2
310 - 340	1
355 - 385	0
400 - 430	00
445 - 475	000



- NLGI grado 2 es muy común
- NLGI grado 0 para buena bombeabilidad
- NLGI grado 3 por rodamientos horizontales

CONSISTENCIA DE LAS GRASAS

Clase NLGI DIN 51 818	Penetración trabajada DIN ISO 2137 (0,1 mm)	Estructura	Finalidad de uso general
000	445 ... 475	fluida	Preferentemente para la lubricación de engranajes
00	400 ... 430	casi fluida	
0	355 ... 385	extrem. blanda	
1	310 ... 340	muy blanda	Lubricación de rodamientos y cojinetes de deslizamiento
2	265 ... 295	blanda	
3	220 ... 250	media	
4	175 ... 205	sólida	Grasa hermetizante y de bloqueo para laberintos y griferías
5	130 ... 160	muy sólida	
6	85 ... 115	extrem. sólida	

Distribución de la consistencia de las grasas lubricantes en clases NLGI

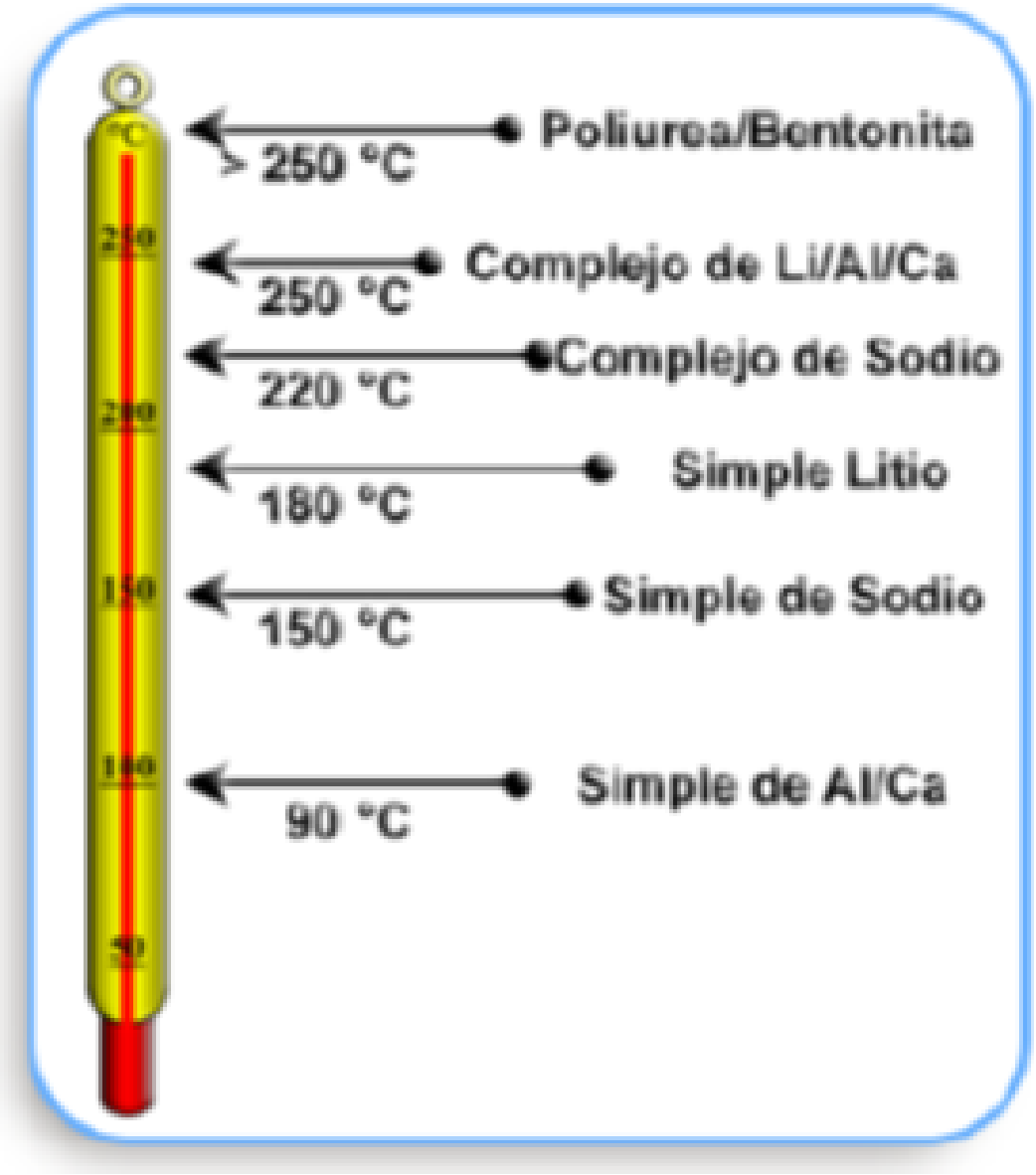
PROPIEDADES DE LAS GRASAS

Propiedad	Definición básica	Norma/escala más usada*
Bombeabilidad	Facilidad con la que la grasa puede ser desplazada por bombas o sistemas de lubricación centralizada a una temperatura dada.	Ensayo de flujo a baja temperatura (p. ej. ASTM D1092).
Consistencia	Rigidez o "dureza" de la grasa medida por la penetración de un cono.	NLGI 000 (muy fluida) → 6 (sólida) según ASTM D217 / ISO 2137 .
Lubricidad	Capacidad del lubricante para reducir el rozamiento y el desgaste entre superficies en contacto.	Ensayos de desgaste 4-bolas (ASTM D2266).
Adhesión	Tendencia de la grasa a adherirse a las superficies metálicas sin desprenderse por fuerzas centrifugas o chorros de agua.	Prueba de centrifugación o chorro de agua.
Rigidez dieléctrica (o rigidez eléctrica)	Máxima diferencia de potencial que la grasa soporta sin perforarse; indica su comportamiento como aislante eléctrico.	kV/mm – ASTM D877.
Emulsividad	Tendencia de la grasa a formar emulsiones estables con el agua.	Ensayo de mezcla agua/grasa a 90 °C.
Demulsividad	Capacidad de separarse rápidamente del agua después de haber formado emulsión.	ASTM D1401 (min).
Aero-emulsión	Formación de espuma o mezcla aire-grasa que puede dificultar la lubricación.	Ensayo de aeración (ASTM D892 adaptado).
Punto de goteo	Temperatura a la cual la grasa se vuelve lo suficientemente fluida como para gotear bajo condiciones normalizadas.	°C – DIN ISO 2176 / ASTM D566 .
Punto de inflamación	Temperatura más baja a la cual los vapores de la grasa se inflaman al aproximar una llama.	°C – ASTM D92 (Cleveland abierto).
Punto de combustión	Temperatura a la cual la grasa arde espontáneamente y continúa quemándose.	°C – continuación del ensayo anterior.
Punto de enturbiamiento (Cloud Point)	Temperatura a la cual aparece la primera turbidez por cristalización de parafinas.	°C – ASTM D2500 (aceite base).
Punto de congelación (Pour Point)	Temperatura más baja a la cual la grasa (o el aceite base) aún fluye.	°C – ASTM D97.
Punto de floculación (Floc Point)	Temperatura en la que precipitan los espesantes adicionales o aditivos.	°C – ensayo específico para espesantes.
Índice de viscosidad (IV)	Medida de la variación de la viscosidad del aceite base con la temperatura; cuanto mayor es, más plana es la curva viscosidad-temperatura.	Adimensional – ASTM D2270 .

• Parámetros mas importantes

Características	Test	Notas
Aceite Base / Espesante		Ambas materias primas proveen información acerca del comportamiento de la grasa lubricante. Sin embargo, solo los análisis fisico químico y mecano dinamico nos dan las características reales sobre la performance de la grasa.
Densidad	DIN 51757	La cantidad de grasa requerida para determinados puntos de friccion generalmente esta indicada en volumen. Este volumen (en cm3) multiplicado por la densidad (en gr/cm3) es igual a la cantidad de grasa requerida en gramos.
Viscosidad del aceite base	DIN 51561	Para las aplicaciones de alta velocidad, bajas cargas y baja rugosidad de la superficie son recomendables viscosidades menores o iguales a 46 mm2/seg. Cuando tenemos bajas velocidades, altas cargas y elevada rugosidad superficial las viscosidades deben ser superiores a 220 mm2/seg.
Color		El color de una grasa no es un dato característico de la performance de la grasa. Es usualmente determinado por las materias primas y aditivos. Lubricantes con grafito y bisulfuro de molibdeno son de color negro.
Punto de gota	DIN ISO 2176	Si bien este parámetro NO indica la máxima temperatura de funcionamiento de la grasa, la temperatura de servicio de la misma, en la mayoria de los casos, deberia estar al menos 40 °C por debajo de este punto.
Rango de temperatura de servicio		Un determinado intervalo de relubricación puede ser alcanzado si los parámetros de funcionamiento se mantienen dentro de un rango especifico. Las temperaturas de servicio de las grasas son determinadas en base a mediciones y procesos de ensayo como asi tambien mediante la experiencia en la practica.
Factor de velocidad (dm x rpm)		Este parámetro es fundamental en grasas lubricantes usadas en rodamientos. Toma en consideración la variación de la friccion interna del la combinación aceite base(viscosidad) / espesante (tipo).
Penetración trabajada	DIN ISO 2137	Característica muy importante del lubricante que provee information sobre la consistencia de la grasa (Si es dura o blanda).
Consistencia	DIN 51818	Clasificacion de grasas en grados NLGI según la penetración trabajada de la misma.
Viscosidad dinamica aparente		Medida en mPa.Seg es un parámetro que nos informa la friccion interna del lubricante.

PUNTOS DE GOTEO TIPICOS EN FUNCION DEL ESPESANTE



Espesantes vs. Propiedades de la grasa

	SODIO	CALCIO	LITIO	COMPLEJO CALCICO	COMPLEJO DE LITIO	ARCILLA
TEMP. MAX.DE USO(°C)	121	90	135	177	177	177
PUNTO DE GOTEO	170	100	190	260+	260+	260+
BOMBEABILIDAD	POBRE-REG	REGULAR	BUENA	POBRE-REG	MUY BUENA	BUENA
ESTAB. AL TRABAJO	REGULAR	MUY BUENA	MUY BUENA	BUENA	MUY BUENA	REGULAR
RESIST. A LA OXID.	REGULAR	BUENA	BUENA	BUENA	MUY BUENA	BUENA
RESISTENCIA AL AGUA	POBRE	EXCELENTE	BUENA	MB-EXCEL.	BUENA- MB.	BUENA-MB
RESIST. A LA HERRUM.	POBRE	BUENA	REGULAR	BUENA	REGULAR	REGULAR
EP Y ANTIDESGASTE	POBRE	BUENA	REGULAR	BUENA	REGULAR	REGULAR

Compatibilidad de aceites base

- +:Compatible, -:Incompatible, o:prueba individual

Aceite base	Aceite mineral	Aceite Ester	Poliglicol	Silicona: metil	Silicona: fenil	PFPE
AceiteMineral	+	+	-	-	+	o
Aceite Ester	+	+	+	-	+	o
Poliglicol	-	+	+	-	-	-
Silicona: metil	-	-	-	+	+	-
Silicona: fenil	+	+	-	+	+	+
PFPE	o	o	-	-	+	+

Compatibilidad de espesantes

+:Compatible, -:Incompatible, o:prueba individual

Espesantes	J. de Litio	J. de Calcio	J. de Sodio	Cmp. de Litio	Cmp. de Calcio	Cmp. de Sodio	Cmp. De Bario	Cmp. Aluminio	Arcilla	Poliurea
Jabón de litio	+	o	-	+	-	o	o	-	o	o
Jabón de calcio	o	+	o	+	-	o	o	-	o	o
Jabón de sodio	-	o	+	o	o	+	+	-	o	o
Complejo de litio	+	+	o	+	+	o	o	+	-	-
Complejo de calcio	-	-	o	+	+	o	-	o	o	+
Complejo de sodio	o	o	+	o	o	+	+	-	-	o
Complejo de bario	o	o	+	o	-	+	+	+	o	o
Complejo de aluminio	-	-	-	+	o	-	+	+	-	o
Arcilla	o	o	o	-	o	-	o	-	+	o
Poliurea	o	o	o	-	+	o	o	o	o	+

Table 12-2
Relative Cost of Greases

Grease Type	Base Oil	Relative Cost to Lithium Grease [1]
Aluminum	Mineral	2.5 - 3
Calcium	Mineral	0.8
Lithium	Mineral	1
Sodium	Mineral	0.9
Aluminum complex	Mineral	2.5 - 4
Calcium complex	Mineral	0.9 - 1.2
Lithium complex	Mineral	2
Sodium complex	Mineral	3.5
Lithium	Ester	5 - 6
Lithium complex	Ester	10
Lithium complex	Silicone	20
Bentonites (organo clay)	Mineral	2 - 6
Polyurea	Mineral	3
Polyurea	Silicone	35 - 40
Polyurea	Fluorosilicone	100

[1] Mancuso and South 1994.

Tipo de grasa	Tipo de jabón	Color	Textura	Penetración (mm/10) 25°C	Punto de goteo °C	Viscosidad aceite base cSt/40°C	Oxidación en la bomba rotativa, caída de presión 500 hr, KPa	Fuga (gr)	% Evaporación (22 hr)
				Método ASTM D-217	D-566				
Rodamientos de bolas y rodillos									
Temperatura baja	Li	–	blanda	300	190	12-16	35-60	0,0	0,8/120°C
Temperatura media	Na, Ca	–	mantecosa	280	200	64-70	42-86	< 1,0	0,8/125°C
Temperatura alta	Na	–	mantecosa	260-300	195	107-150	28	–	0,6/150°C
Velocidad alta	Li, Na	canela	mantecosa	280	260	100-130	14-90	–	0,5/100°C
Carga alta	Na	café	fibrosa	300	190	20/100°C	–	–	1,3/100°C
Extrema presión	Ca, Li	canela	blanda mantecosa	280-300	230-260	108	56-120	0-0	–
Máquinas de alimentos	Ca	canela	–	300	265	71	400 (100 hr)	–	–
Resistente al agua	Ca	café	–	300	85-95	190	–	–	–
Cojinetes abiertos	Na, Ca	canela	sólida	60	200	21	–	–	–
Cojinetes de ferrocarril	Li, Ca	ámbar	fibrosa	300	170	160	50	–	–
Multipropósito	Li	ámbar	blanda	270	300	100	40-100	0,4	–
Industria del acero	Ca, Li complejo de Al	ámbar	blanda	310	180	–	150	2,3	–
Industria textil	Ca	café claro	–	320	200	–	42	0,0	–
Amplio rango de temperaturas	sin jabón	café	blanda	300	260	–	–	0,0	7,0/177°C
Automotriz	Ca, Na complejo Li	verde	blanda mantecosa	260-300	250	150	60-70	0-1,5	–

Propiedades de jabones simples

Tipo	Ventajas	Desventajas
Jabón de calcio	Blanda a bajas temperaturas Buena resistencia al agua Buen comportamiento a bajas temperaturas Buena adherencia	Utilizable sólo hasta 60 °C Punto de gota aprox. 100 °C Protección anticorrosiva insuficiente
Jabón de sodio	Consistencia fibrosa Punto de gota aprox. 200 °C Precio favorable	No resistente al agua Sólo utilizable hasta 80/100 °C Baja protección anticorrosiva
Jabón de Aluminio	Más resistente al agua que el jabón de sodio Utilizable hasta aprox. 100 °C	Se hidrolizan paulatinamente por agua Baja estabilidad al cizallamiento
Jabón de litio	Resistente al agua hasta 80/90 °C Utilizable hasta 120 °C Buena protección contra la corrosión Buena resistencia al batanado	No resistente al vapor No indicado para altas Temperaturas
Jabón de bario	Resisten al agua Utilizable hasta aprox. 100 °C Protege contra la corrosión Baja separación de aceite	Fabricación difícil - Caro Mal comportamiento a bajas temperaturas Tóxico

Propiedades de jabones complejos

Tipo	Ventajas	Desventajas
Jabón complejo de litio	Resistente hasta aprox. 150 °C Punto de gota superior a 260 °C Buena resistencia al agua	Fabricación complicada
Jabón complejo de sodio	Resistente hasta aprox. 160/180 °C Resistente al agua hasta 90 °C Baja separación de aceite Buena adherencia Buena protección anticorrosiva	No resistente a vapores de agua
Jabón complejo de Aluminio	Utilizable hasta aprox. 160 °C Excelente resistencia al agua Buena bombeabilidad (estructura finísima) Buena adherencia Resistente al agua Utilizable para Food Grade	Se hidroliza paulatinamente por agua Separación de aceite Mala estabilidad al batanado Estabilidad limitada durante el almacenamiento
Jabón complejo de calcio	Resistente al agua y al vapor Buena capacidad lubricante Buena protección anticorrosiva Excelente capacidad de absorción depresiones Buena bombeabilidad Precio bajo	Pueden endurecerse an temperaturas elevadas Tienden al endurecimiento durante el almacenamiento
Jabón complejo de bario	Resistente al agua y al vapor Resistene a ácidos y lejías débiles Utilizable hasta 150 °C Excelente protección anticorrosiva excelente capacidad de absorción de presiones	Fabricación complicada Requiere un alto porcentaje dejabón Inconvenientes toxicológicos

Espesantes no jabonosos

Los espesantes no jabonosos se dividen en sustancias orgánicas e inorgánicas, las cuales, debido a su estructura superficial, son capaces de enlazarse al aceite

Los espesantes no jabonosos más importantes son:

- Arcillas oleaginosas (bentonitas) y gel de sílice
- Poliureas
- Plásticos (PTFE)

Tipo	Ventajas	Desventajas
Bentonita	Sin punto de gota Utilizable hasta 160 °C Muy apropiado para bajas temperaturas Gradiente viscosidad-temperatura plano Buena resistencia al agua, ácidos y lejías	Incompatible con otros tipos de grasa Baja resistencia al batanado No apropiado para velocidades altas y medidas Protección anticorrosiva media No sale bien en el ensayo de agua salada
Geles (aerosil)	Sin punto de gota Reblandecen menos que las grasas de jabón metálico al calentarse	Baja resistencia al batanado Require un alto porcentaje de espesante Incompatible con otras grasas lubricantes No apropiado para velocidades altas y medidas
Poliureas	Alta resistencia térmica (180/200 °C) Resistente al agua y al vapor Buena bombeabilidad Buenas propiedades mecano-dinámicas Buena resistencia a vibraciones Se vuelven más viscosos a elevadas temperaturas (reversibles)	Requiren altos pares de giro Pueden causar un alto nivel de ruido Aditivación crítica Las películas anticorrosivas de rodamientos pueden destruir la estructura de la grasa
PTFE (plásrico)	Utilizable hasta 260 °C Afín frente a aceites fluorados (PFPE) Químicamente interte Buena capacidad lubricante Buenas propiedades de emergencia (el PTFE es un lubricante sólido)	Requiere un alto porcentaje de espesante No apropiado para velocidades medias hasta altas Mala capacidad de fluencia a bajas temperaturas Alta separación de aceite

Impacto del Espesante en las Propiedades de una Grasa

Esposanto	Rango de temperatura de servicio		Punto de gota DIN ISO 2176 (°C)	Resistencia al agua	Estabilidad a alta presión	Aplicaciones más usuales
	Aceite mineral	Aceite sintético				
Aluminio	-20 a 70	-	120	buena	satisfactoria	Engranajes y válvulas
Calcio	-30 a 50	-	100	muy buena	buena	Sellos laberínticos bajo impacto de agua
Litio	-35 a 120	-60 a 160	170/200	buena	satisfactoria	Rodamientos y contáctos
Sodio	-30 a 100	-	150/170	no satisfactoria	satisfactoria	Engranajes
Alumino complejo	-30 a 140	-60 a 160	>230	buena	satisfactoria	Rodamientos y cojinetes, rodamientos plásticos, pequeños engranajes
Bario complejo	-25 a 140	-60 a 160	>220	muy buena	muy buena	Rodamientos, válvulas y cojinetes sometidos a fricción mixta
Calcio complejo	-30 a 140	-60 a 160	>190	muy buena	muy buena	Rodamientos, sellos (grasas de alta velocidad y cadenas)
Litio complejo	-40 a 140	-60 a 160	>220	buena	satisfactoria	Rodamientos y acoples
Sodio complejo	-30 a 140	-40 a 160	>220	satisfactoria	satisfactoria	Rodamientos sujetos a vibraciones y tribocorroción
Bentonite	-40 a 140	-60 a 100	ninguno	buena	satisfactoria	Válvulas (alto vacio), engranajes y contáctos
Polyunsa	-30 a 160	-40 a 160	250	buena	satisfactoria	Rodamientos (lubricación larga vida)
PITE	-	-40 a 260	ninguno	buena	buena	Rodamientos y válvulas sometidas a medios agresivos

Miscibilidad de espesantes

	Grasas lubricantes de jabón metálico simple				Grasas lubricantes de jabón metálico complejo					Grasas lubricantes con espesantes no jabonosos		
	Al	Ca	Li	Na	Al K	Ba K	Ca K	Li K	Na K	Bentonita	Poliurea	PTFE
Al		•	+	•	+	+-	+	+	+-	-	-	+
Ca	•		+	+	+	+	+	•	+	+	+	+
Li	+	+		-	+	+	+	+	-	-	-	+
Na	•	+	-		+	+	•	•	+	-	+	+
Al K	+	+	+	+		+	+-	+	+-	-	-	+
Ba K	+-	+	+	+	+		+-	+-	+	+	-	+
Ca K	+	+	+	•	+-	+-		+	+	+-	+	+
Li K	+	•	+	•	+	+-	+		+-	+	+-	+
Na K	+-	+	-	+	+-	+	+	+-		+	+	+
Bentonita	-	+	-	-	-	+	+-	+	-		+	+
Poliurea	-	+	-	+	-	-	+	+-	+	+		+
PTFE	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	

Propiedades de la grasa: Correcta seleccion

Rango de temperatura (OAT)

Habilidad de soportar carga, Antidesgaste / EP (OAT)

Habilidad de Protección vs la corrosión (TA)

(TM) Estabilidad Mecánica

Resistencia al Agua (TMA)

(OAT) Protección vs herrumbre

Biodegradabilidad (O)

(TOM) Consistencia

Características de ruido (TMA)

(OA) Viscosidad del aceite

Separación del aceite (TOM)

Bombeabilidad (TO)

Factor que influye:

O = Aceite
A = Aditivo
T = Espesante
M = Manufactura

Lubricating greases/base oil viscosities and their effect on speed factors

Grease types	Base oil viscosity at approx. 40 °C [mm²/s]	Speed factor[2] $n \cdot d_m$
Mineral / lithium / MoS_2	1000 to 1500	50,000
Mineral / lithium complex	400 to 500	200,000
Mineral / lithium complex	150 to 200	400,000
Ester / polyurea	70 to 100	700,000
Ester / lithium complex	15 to 30	1,600,000
Ester / polyurea	15 to 30	2,000,000